

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ С КОМПЕНСАЦИЕЙ ПОМЕХ И ВОЗМУЩЕНИЙ ПОЛОЖЕНИЕМ ГОРЕЛКИ ОТНОСИТЕЛЬНО СТЫКА СВАРОЧНОГО РОБОТА

*Е. А. Паршева\*, Г. Н. Терновая\*\**

*\*Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет*

*\*\*Астраханский государственный технический университет*

Наведение сварочной горелки на линию соединения деталей – одна из основных задач, возникающих при автоматизации сварочных процессов, создании роботов и манипуляторов. Быстродействие и точность при наведении горелки на стык в значительной мере определяют равномерность проплавления кромок, формирование катета шва, а следовательно, и прочность сварного соединения. В настоящее время распространение получают системы, в которых в качестве датчика используют электрическую дугу [1]. Такие системы позволяют контролировать положение электрода относительно стыка непосредственно в области сварки, нечувствительны к превышению размеров кромок и изгибу конца электрода и позволяют вести сварку в труднодоступных местах. Необходимо отметить, что системы с использованием сварочной дуги в качестве датчика наиболее эффективны при сварке в аргоне [2] и аргонсодержащих смесях защитных газов, когда дуговой процесс стабилен. При сварке в  $CO_2$  применение этого способа затруднено из-за нестабильности дугового процесса, связанных со значительными бросками тока и напряжения, затрудняющих выделение информации о положении стыка. При сварке швов малого калибра применение колебаний дуги неэффективно с точки зрения производительности процесса.

**Ключевые слова:** *децентрализованное управление, скалярный выход, вспомогательный контур, наблюдатель состояния, компенсация возмущений.*

Aiming the welding torch at the line connection parts-one of the main tasks arising from the automation of welding processes, the creation of robots and manipulators. The speed and accuracy when pointing the burner at the joint to a large extent determine the uniformity of the melting edges, the formation of the weld coil, and therefore the strength of the weld. Currently, the systems in which the electric arc is used as a sensor are widespread [1]. Such systems make it possible to control the position of the electrode relative to the joint directly in the welding area, are insensitive to exceeding the size of the edges and bending the end of the electrode and allow welding in hard-to-reach places. It should be noted that systems using a welding arc as a sensor are most effective at welding in argon [2] and argon-containing mixtures of shielding gases when the arc process is stable. When welding in the use of this method is difficult due to the instability of the arc process associated with significant current and voltage drops, making it difficult to allocate information about the position of the joint. When welding the seams of the small caliber of the application of oscillation of the arc is inefficient from the point of view of process performance.

**Keywords:** *decentralized control, scalar output, auxiliary circuit, state observer, perturbation compensation.*

## 1. Постановка задачи

При получении информации о положении стыка [3], основанном на использовании гармонической составляющей сварочного тока на частоте поперечных колебаний электрода, рассмотрена математическую модель процесса сварки как объекта управления в задаче поиска стыка, которую удобно представить в виде двух звеньев: нелинейного, описывающего разделанный или угловой стык, и линейного, характеризующего динамические процессы в сварочном контуре.

Проектирование технологии сварки заключается в выборе его способа, сварочных материалов, определении параметров режима и условий сварки, а также дополнительных технологических мероприятий, обеспечивающих требуемое качество сварного изделия и необходимые технико-экономические производственные показатели. При выполнении этих условий можно получить сварочный процесс, при котором будет иметь место спокойное горение дуги непрерываемое в течение всего сварочного цикла, и минимальное разбрызгивание металла.

На рис. 1 представлена схема системы слежения по стыку на основе выделения гармонической составляющей сварочного тока на частоте поперечных колебаний электрода. Схема включает в себя следующие функциональные блоки: СУ – согласующее устройство, подключенное к шунту в цепи сварочного тока; ПФ – полосовой фильтр; СД – синхронный детектор; СФ – сглаживающий фильтр; УС – усилитель мощности; ПР – привод коррекции положения горелки относительно стыка; ГКЭ – генератор колебаний электрода; К – компаратор; ИПД – источник питания дуги. Согласующее устройство служит для электрической развязки источника питания дуги и системы управления сварочной головкой, где  $u_{св}$ ,  $I_{св}$  – напряжение и ток сварки.

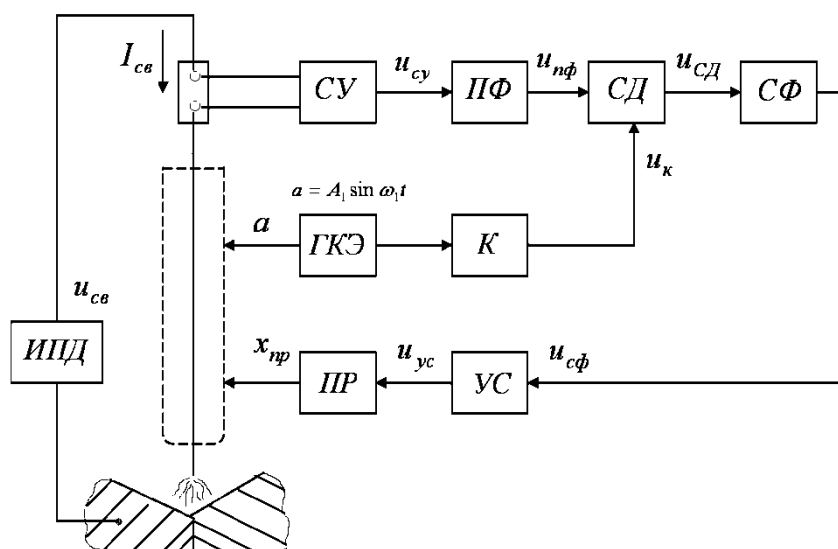


Рис. 1. Схема системы слежения за стыком, использующая дугу в качестве датчика

Передаточную функцию всей системы, состоящей из указанных звеньев, с учетом передаточной функции по огибающей сварочного тока, имеет вид

$$W(\lambda) = \frac{u_{сф}(\lambda)}{u_{yc}(\lambda)} = \frac{k}{\lambda(T_{э}\lambda + 1)(T_{нф}\lambda + 1)(T_{сф}\lambda + 1)(T_{нр}\lambda + 1)}, \quad (1)$$

где *входной сигнал* напряжение на входе усилителя  $u_{yc}$ , *выходной сигнал* – напряжение на выходе сглаживающего фильтра  $u_{сф}$ . Таким образом, разомкнутая система управления сварочной горелкой описывается дифференциальным уравнением 5-го порядка.

Кроме того, на рассмотренном объекте управления присутствуют помехи измерения, обусловленные износом фильтров, и действует  $f$  – внешнее неконтролируемое возмущение, а именно: колебания питающего тока сети; геометрические особенности сварочного стыка; тепловые деформации сварки, вследствие чего изменяется геометрический шов; неоднородность металла. Необходимо спроектировать систему управления, для которой будет выполнено условие  $|y(t)| < \delta$  при  $t > T$ , где  $\delta$  – достаточно малая величина, характеризующая точность решения задачи.

## 2. Метод решения

Ясно, что для выполнения целевого условия с требуемым значением величины  $\delta$  необходимо скомпенсировать влияние возмущений и помех на регулируемую переменную. Однако скалярная измеряемая переменная несет информацию о возмущениях и помехах. Поэтому на первом этапе решения сформулированной задачи необходимо выделить сигнал, который бы нес информацию только о помехах или только о возмущениях, т.е. необходимо построить оценку внешнего возмущения. Кроме того, учитывая, что измерения производных входного и выходного сигналов не допустимо, нужно получить оценку производных выходного сигнала, а для этого надо скомпенсировать влияние внешнего возмущения на эту оценку. Затем, используя полученные оценки, построим систему стабилизации, обеспечивающую выполнение целевого условия.

Рассмотрим более подробно. Для формирования оценки регулируемой переменной требуется наблюдатель [4], на вход которого поступает вспомогательное управляющее воздействие наблюдениями. Составим уравнение для вектора ошибок оценивания, и воспользовавшись методом вспомогательного контура [5] введем подсистему, на вход которой поступает указанное ранее вспомогательное управление. После этого сформируем новый скалярный выходной сигнал, а для получения его производных используются последовательно соединенные реально дифференцирующие звенья. Таким образом получаем оценки сигнала, который является источником возмущений и помех.

И только теперь можно приступить к выбору алгоритма системы слежения. Для этого необходимо сформировать оценку [4] неизмеряемого вектора регулируемых переменных, и только после этого можно определить указанный закон управления.

#### Список литературы

1. Тимченко В. А., Коротун Ю. М. Система автоматического наведения электрода с использованием дуги в качестве датчика // Автоматическая сварка. 1981. № 6. С. 59–64.
2. Тимченко В. А., Сухомлин А. А. Роботизация сварочного производства. Киев : Техника, 1988.
3. Клюев А. С., Карпов В. С. Синтез быстродействующих регуляторов для объектов с запаздыванием. М. : Энергоатомиздат, 1990.
4. Цыкунов А. М. Робастное управление с компенсацией возмущений. М. : Физматлит, 2012.
5. Бобцов А. А. Алгоритм робастного управления неопределенным объектом без измерения производных регулируемой переменной // АиТ. 2003. № 8. С. 82–96.

УДК 621.431.74.068.4:662.76

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ СБРОСНОЙ ТЕПЛОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

*Т. В. Хоменко\*, С. В. Виноградов\*\**

*\*Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет*

*\*\*Астраханский государственный технический университет*

В двигателях судовых энергетических установок (СЭУ) менее 40 % теплоты при сгорании топлива оборачивается в механическую энергию, остальные 60 % теряются. В настоящее время для повышения эффективного использования теплоты и увеличения КПД СЭУ применяется метод утилизации теплоты. Применение термоэлектрических генераторов (ТЭГ) явится одним из решений проблемы реализации данного метода, так как ТЭГ функционируют с использованием энергии теплоты отработавших газов (ОГ) дизеля. В данной работе предложены математическая модель и методика определения влияния параметров теплоносителей на рабочие параметры при различных режимах в процессе управления утилизацией сбросной теплоты судовых дизелей с применением термоэлектрических генераторов.

*Ключевые слова:* сбросная теплота, термоэлектрические генераторы, судовые энергетические установки.

In engines of ship power plants (SEU) less than 40 % of heat at combustion of fuel turns into mechanical energy, the other 60 % are lost. Currently, the method of heat recovery is used to improve the efficient use of heat and increase the efficiency of SEU. The use of thermoelectric generators (TEG) will be one of the solutions to the problem of implementation of this method, since TEG operate using the heat energy of exhaust gases (OG) of diesel. In this paper, a mathematical model and methodology for determining the influence of coolant pa-